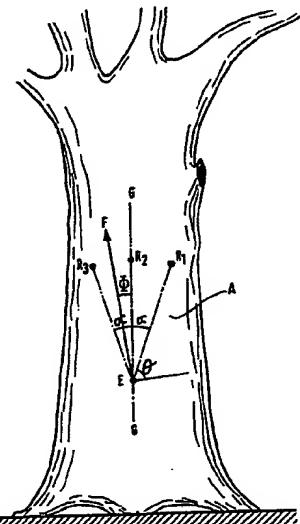




## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> :  G01N 33/46, 29/00		A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 91/19194</b>  (43) Date de publication internationale: 12 décembre 1991 (12.12.91)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR91/00393</p> <p>(22) Date de dépôt international: 15 mai 1991 (15.05.91)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 90/06589 28 mai 1990 (28.05.90) FR</p> <p>(71) Déposant (<i>pour tous les Etats désignés sauf US</i>): INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA) [FR/FR]; 147, rue de l'Université, F-75341 Paris Cédex (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (<i>US seulement</i>): BUCUR, Voichita [FR/FR]; 11 bis, rue de la Craffe, F-54000 Nancy (FR). PERRIN, Jean-René [FR/FR]; 1, Grand-rue, Dainville, F-55130 Gondrecourt-le-Château (FR).</p>		<p>(74) Mandataire: PHELIP, Bruno; Cabinet Harlé &amp; Phélix, 21, rue de la Rochefoucauld, F-75009 Paris (FR).</p> <p>(81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CA, CH (brevet européen), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FI, FR (brevet européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen), IT (brevet européen), LU (brevet européen), NL (brevet européen), NO, SE (brevet européen), US.</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	
<p>(54) Title: METHOD FOR ULTRASONICALLY DETECTING THE ANGLE OF THE GRAIN IN WOOD, AND DEVICE FOR IMPLEMENTING SAME</p> <p>(54) Titre: PROCEDE DE DETERMINATION DE L'ANGLE DU FIL DU BOIS PAR ULTRASONS ET DISPOSITIF POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROCEDE</p> <p>(57) Abstract</p> <p>A method for ultrasonically determining the direction of the grain in wood, wherein an ultrasonic wave signal is transmitted at a transmission point on the wood and the propagation times of the signal between said transmission point and several receiving points on the wood are measured. The method is characterized in that the waves of said signal are longitudinal ultrasonic waves and in that: signal propagation speeds in several directions of propagation are calculated on the basis of said propagation times; and the direction of the major axis of an ellipsoid is determined on the basis of these propagation speeds, said ellipsoid being used to make a model of the distribution of the propagation speed vectors of said signal, wherein the speed vectors are drawn from said transmission point and the direction thereby determined is considered to be that of the grain of the wood. A device is provided for implementing the method.</p> <p>(57) Abrégé</p> <p>Procédé de détermination par ultrasons de la direction du fil de bois, dans lequel: on émet en un point d'émission sur le bois un signal d'ondes ultrasonores; on relève les temps de propagation de ce signal entre ledit point d'émission et plusieurs points de réception sur le bois; ce procédé étant caractérisé en ce que les ondes dudit signal sont des ondes longitudinales ultrasonores et en ce que: on calcule à partir desdits temps de propagation, les vitesses de propagation de ce signal selon plusieurs directions de propagation; on détermine à partir de ces vitesses de propagation la direction du grand axe d'un ellipsoïde par lequel on modélise la surface de répartition des extrémités des vecteurs vitesses de propagation dudit signal, lesdits vecteurs vitesses étant tracés à partir dudit point d'émission, la direction ainsi déterminée étant considérée comme étant celle du fil du bois. Le dispositif permet la mise en œuvre du procédé.</p>			



**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

**Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.**

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MN	Mongolie
BE	Belgique	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BG	Bulgarie	GN	Guinée	NL	Pays-Bas
BJ	Bénin	GR	Grèce	NO	Norvège
BR	Brésil	HU	Hongrie	PL	Pologne
CA	Canada	IT	Italie	RO	Roumanie
CF	République Centrafricaine	JP	Japon	SD	Soudan
CG	Congo	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Licchtenstein	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	US	Etats-Unis d'Amérique
DK	Danemark				

"Procédé de détermination de l'angle du fil du bois par ultrasons et dispositif pour la mise en oeuvre du procédé".

La présente invention a pour objet un procédé de détermination de la direction du fil du bois par ultrasons, ainsi qu'un dispositif de mise en oeuvre de ce procédé. On rappelle que la direction du fil du bois est donnée par la direction des éléments anatomiques du bois, tels que les fibres et les vaisseaux, et que cette direction est en général définie à partir de son angle par rapport à l'axe de croissance de l'arbre. Les variations de l'angle du fil du bois peuvent avoir de nombreuses origines, telles que des défauts internes du bois et par exemple des noeuds et des tortillonnements. Or, ces variations ont des conséquences importantes sur les propriétés physiques ou mécaniques du bois. Aussi, s'avère-t-il souvent nécessaire de pouvoir les déterminer avec précision.

On connaît déjà de nombreuses méthodes permettant de déterminer l'angle du fil du bois parmi lesquelles on peut citer les méthodes du test de l'encre, du test par injection, du test de la pointe, du test du traceur radioactif, du test des éclatements, etc.... Cependant, la plupart de ces méthodes sont destructrices, et en cela peu satisfaisantes. Il est en effet souhaitable, notamment dans le cadre de travaux de génétique forestière, portant sur plusieurs milliers de spécimens, de pouvoir mesurer l'angle du fil du bois sur des arbres sur pied, de manière non destructive.

Un but de la présente invention est donc de proposer un procédé de détermination de l'angle du fil du bois non destructif. Deux voies principales ont déjà été explorées à cet égard. L'une, que l'on doit aux travaux de McLauchlan et al. (Mc Lauchlan TA, Norton JA, Kusex DJ 1973, Slope of grain indicator, for Prod. J 23(5): 50-55), exploite les propriétés diélectriques du bois. L'autre, qui est celle de la présente invention, utilise les propriétés de propagation des ondes ultrasonores dans le bois.

On sait, grâce aux travaux de A.N.FOULGER (Measurements of grain direction - Forest Science Vol.15, n°1, 1969 / pages 92 à 94) qu'il est possible de déterminer

l'angle du fil du bois en exploitant le fait que les ondes sonores se propagent dans les bois à leur vitesse maximale dans la direction du fil du bois . Partant de cette observation, il a été proposé dans cette publication une détermination empirique de ladite direction sur des arbres sur pied à partir du relevé , selon plusieurs directions angulairement prédéterminées à la surface du bois , des temps de propagation d'ondes ultrasonores émises d'un même point d'émission et reçues en des points de réception disposés à une distance constante dudit point d'émission. Celle de ces directions pour laquelle le temps de propagation est le plus court est considérée comme étant la direction du fil du bois L'appareillage utilisé est essentiellement constitué par deux sondes, l'une émettrice, l'autre réceptrice, le temps de propagation des ondes entre les deux étant relevé à l'aide d'un milliampèremètre . L'émetteur étant maintenu en un point prédéterminé sur l'écorce de l'arbre, le récepteur est déplacé successivement sur des points définissant avec le point d'émission des directions séparées angulairement de 5° les unes des autres.

Cependant, une telle méthode empirique pose des problèmes de fiabilité. En particulier, il est difficile de pouvoir obtenir une précision de mesures de l'angle du fil du bois inférieure à 5°.

Un but de la présente invention est de pallier cet inconvénient en proposant une détermination de la direction dans laquelle les ondes ultrasonores se déplacent à leur vitesse maximale à l'aide d'un traitement analytique de données relatives à la propagation desdites ondes. On sait , à cet égard, que les phénomènes de propagation des ondes ultrasonores dans les solides orthotropiques,auxquels le bois est assimilable,sont gouvernés par les équations de Christoffel .(Voir notamment : Bucur V. : Wood Characterisation through ultrasonic waves, Alippi. A, W.G. Eds., Ultrasonic methods in evaluation of inhomogeneous

materials p.323-343; et Bucur V. et Perrin J.R.:Slop of grain ultrasonic measurements in living trees and timber , Holz, 1989, p.75). Cependant, ces équations sont complexes et en elles-mêmes tout à fait imprropres à être exploitées de façon simple pour permettre la résolution du problème ci-dessus formulé .

La solution retenue par l'invention consiste à relever des célérités de propagation d'ondes ultrasonores longitudinales selon plusieurs directions et à exploiter les valeurs ainsi obtenues en utilisant une modélisation ellipsoïdale des surfaces de propagation desdites ondes ultrasonores longitudinales : connaissant plusieurs points d'une de ces surfaces de propagation, on détermine la direction du grand axe de l'ellipsoïde par lequel ladite surface est modelisée, cette direction étant considérée comme étant celle du fil du bois.

Les ondes transversales ultrasonores s'avèrent , quant à elles, beaucoup plus difficiles à utiliser dans le cadre du problème ci-dessus exposé.

En outre, l'invention a aussi pour objet , dans la mise en oeuvre du procédé et la réalisation du dispositif correspondant , un certain nombre de moyens permettant la réalisation pratique de cette technique. En particulier, l'invention propose, pour simplifier l'étape de calcul, d'utiliser un émetteur et trois récepteurs répartis en fonctionnement de façon que deux des directions reliant un récepteur à l'émetteur soient symétriques par rapport à la troisième de ces directions.

Les utilisateurs potentiels de ce dispositif sont notamment les forestiers de terrains, les scieurs, les exploitants forestiers, les améliorateurs et généticiens forestiers, etc..Le dispositif sera avantageusement, à cet égard, prévu portatif.

La présente invention a donc pour objet un procédé de détermination par ultrasons de la direction du fil du bois , dans lequel :

- on émet en un point d'émission sur le bois un signal d'ondes ultrasonores;

- on relève les temps de propagation de ce signal entre ledit point d'émission et plusieurs points de réception sur le bois ;  
 ce procédé étant caractérisé en ce que les ondes du signal sont des ondes longitudinales ultrasonores et en ce que
 - on calcule à partir desdits temps de propagation, les vitesses de propagation de ce signal selon plusieurs directions de propagation ;

- on détermine à partir de ces vitesses de propagation la direction du grand axe d'un ellipsoïde par lequel on modélise la surface de répartition des extrémités des vecteurs vitesses de propagation dudit signal, lesdits vecteurs vitesses étant tracés à partir dudit point d'émission, la direction ainsi déterminée étant considérée comme étant celle du fil du bois.

Avantageusement, on détermine la direction du grand axe du dit ellipsoïde à partir d'une équation analytique dudit ellipsoïde de répartition posée pour plusieurs des vecteurs vitesses calculés et on ajuste certains des paramètres de ladite équation analytique par itération de façon que les extrémités d'autres vecteurs vitesses calculés soient aussi réparties sur ledit ellipsoïde. Dans ce procédé le point d'émission et les points de réception sont choisis sensiblement dans un même plan, la courbe de répartition des extrémités des vecteurs vitesses de propagation du signal dans ledit plan étant modélisée par une ellipse. La direction dudit grand axe, peut être alors déterminée à partir de l'équation analytique d'une ellipse :

$$(I) \quad v^2 \left( \frac{\cos^2 \beta}{a^2} + \frac{\sin^2 \beta}{b^2} \right) = 1$$

où  $v$  est la norme d'un vecteur vitesse dont l'extrémité est supposée appartenir à ladite ellipse,  $\beta$  est l'angle entre ledit vecteur vitesse et le petit axe de

l'ellipse , a est la demi-longueur du petit axe de ladite ellipse, b est la demi-longueur du grand axe de l'ellipse , cette équation (I) étant posée pour au moins deux vecteurs vitesses de propagation calculés, le rapport d'anisotropie 5  $x = \frac{a}{b}$  étant ajusté pour que l'extrémité d'au moins un troisième vecteur vitesse de propagation calculé soit aussi répartie sur la même ellipse .

Avantageusement encore, les temps de propagation du signal sont relevés en au moins trois points de réception 10 répartis de façon que l'une des trois directions de propagation ainsi choisies soit sensiblement la médiatrice des deux autres. On peut alors déterminer la direction du grand axe en résolvant l'équation II:

$$15 \quad \operatorname{tg}^2 \theta [v_2^2 (x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + 1) - v_1^2 (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)] - \operatorname{tg} \theta [2 \operatorname{tg} \alpha (v_2^2 (x^2 - 1)) + v_2^2 (x^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - x^2 v_1^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)] = 0$$

$v_1$  ,  $v_2$  ,  $v_3$  étant les normes des vecteurs vitesses de propagation du signal selon les trois susdites directions de propagation choisies , la direction des vecteurs de norme  $v_2$  étant médiatrice des directions des vecteurs de norme  $v_1$  et  $v_3$  ,  $\theta$  étant l'angle entre le petit axe de l'ellipse de répartition et le vecteur  $v_1$  ,  $\alpha$  étant l'angle entre  $v_1$  et  $v_2$  ainsi qu'entre  $v_2$  et  $v_3$  ,  $x$  étant le rapport d'anisotropie et étant ajusté pour que l'extrémité du vecteur  $v_3$  soit aussi répartie sur la même ellipse.

25 On peut , par exemple, choisir la valeur du rapport d'anisotropie  $x$  de façon que pour cette valeur , le rapport de  $\theta$  calculée à partir de l'équation (II)

$$\operatorname{tg}^2 \theta [v_2^2 (x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + 1) - v_1^2 (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)] - \operatorname{tg} \theta [2 \operatorname{tg} \alpha (v_2^2 (x^2 - 1)) + v_2^2 (x^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - x^2 v_1^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)] = 0$$

30 vérifie sensiblement l'équation (III):

$$v_3^2 \left( \frac{\cos^2(\theta + 2\alpha)}{a^2} + \frac{\sin^2(\theta + 2\alpha)}{b^2} \right) = 1$$

et par exemple la double inéquation:

$$0,999 \left( v_3^2 \left( \frac{\cos^2(\theta + 2\alpha)}{a^2} + \frac{\sin^2(\theta + 2\alpha)}{b^2} \right) \right) \leq 1,001$$

Préférentiellement, l'on choisit les points de réception pour qu'ils se trouvent sensiblement à égale distance du point d'émission ; la distance entre le point d'émission et un point récepteur peut être sensiblement supérieure ou 5 égale à 20 cm; les points de réception peuvent être situés à une distance comprise entre 20 et 30 cm du point d'émission ; l'angle  $\alpha$  entre celles des trois directions de propagation choisies qui est médiatrice des deux autres et lesdites deux autres directions de propagation est généralement compris entre 5 et 40°, et notamment entre 10 et 10 30°.

Un autre objet de l'invention est un dispositif permettant la mise en oeuvre de ce procédé et qui comporte un élément émetteur d'ultrasons et plusieurs éléments récepteurs, l'élément émetteur étant commandé par un générateur d'impulsions, chaque élément récepteur étant relié à une entrée d'un compteur, dont une autre entrée est reliée au 15 générateur d'impulsions, chaque compteur étant relié en sortie à une unité de calcul.

20 De façon avantageuse, ce dispositif comporte trois éléments récepteurs et trois compteurs, chaque élément récepteur étant associé à l'un desdits compteurs. L'unité de calcul peut être un microprocesseur.

25 Ce dispositif est, de préférence, apte à être facilement transporté par un opérateur.

L'invention sera illustrée, sans être aucunement limitée, par la description ci-après, faite en regard des dessins, sur lesquels :

30 - la figure 1 est un schéma de principe du dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention ;

- la figure 2 illustre la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention sur un arbre sur pied ;

35 - la figure 3 illustre la mise en oeuvre du procédé sur une pièce de bois découpée;

- la figure 4 illustre le principe théorique du procédé conforme à l'invention ;
- la figure 5 est un organigramme représentant les 5 étapes de traitement des informations relevées grâce au dispositif de la figure 1 ;
- les figures 6 et 7, enfin, sont des graphes illustrant la corrélation entre les mesures d'angle du fil du bois relevées par la méthode conforme à l'invention et par 10 une méthode optique classique.

Le dispositif représenté à la figure 1 pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention comporte essentiellement quatre transducteurs E, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, le transducteur E étant un transducteur-émetteur, les trois transducteurs R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> étant des transducteurs-récepteurs. Le dispositif comporte aussi un oscillateur 1 pilotant un générateur d'impulsions 2 ainsi que trois compteurs C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>. La sortie du générateur d'impulsions 2 est reliée, d'une part, au transducteur-émetteur E, qu'il commande par 20 l'intermédiaire d'un circuit de puissance (non représenté) et, d'autre part, aux trois compteurs C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>. Chacun de ces trois compteurs C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> reçoit, par une autre entrée, le signal capté par respectivement les transducteur-récepteurs R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, lequel signal est auparavant 25 amplifié par un amplificateur référencé respectivement par A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub>. En sortie, les compteurs C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> sont reliés à un microprocesseur 3.

Les caractéristiques techniques principales de cet équipement sont les suivantes :

30 le voltage maximum de l'impulsion d'émission est de 600 volts ; les transducteurs sont à bande étroite, centrés entre 40 et 50 KHz ; la fréquence de répétition de l'impulsion est de 30 Hz ; la fréquence de l'oscillateur de

comptage est de 10 MHz, ce qui permet la mesure d'un temps de propagation compris entre 0,1  $\mu$ s et 999,9  $\mu$ s.

Pour réaliser une mesure de l'angle du fil du bois, on place les quatre transducteurs E, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, et R<sub>3</sub>, soit sous l'écorce d'un arbre A (figure 1), soit sur la surface d'une pièce de bois, telle qu'un billot B (figure 2). Aux figures 1 et 2, la direction EF représente le fil du bois et l'angle  $\Theta$  est l'angle du fil du bois. La direction passant par le transducteur-émetteur E et le transducteur-récepteur R<sub>2</sub> peut être choisie, par exemple, comme étant la génératrice GG de l'arbre A ou l'axe pp de la pièce de bois B. Les trois transducteurs - récepteurs R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> sont préférentiellement disposés à égale distance du transducteur-émetteur E et dans un même plan, la direction ER<sub>2</sub> étant sensiblement médiatrice des directions ER<sub>1</sub> et ER<sub>3</sub>.

L'impulsion émise par le transducteur-émetteur E est recueillie par les récepteurs R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>. Cette réception de l'impulsion émise commande l'arrêt des compteurs C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>. Après ledit arrêt, chaque compteur C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> renferme le temps de propagation de l'onde ultrasonore entre E et respectivement R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> et R<sub>3</sub>. Les compteurs C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> sont alors vidés dans le microprocesseur 3.

Afin d'écartier les valeurs abberantes, l'opération est répétée dix fois, puis le microprocesseur 3 va procéder au calcul de l'angle du fil du bois, à partir des valeurs moyennes ainsi obtenues.

On a illustré à la figure 4 le principe de la mesure selon l'invention.

On a représenté à la figure 4 les valeurs caractéristiques de l'ellipse servant de base à la mise en œuvre du procédé de l'invention :

V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> = vecteurs vitesse correspondant respectivement aux vitesses de propagation le long des directions ER<sub>1</sub>, ER<sub>2</sub>, ER<sub>3</sub>.  
35 a = demi-longueur du petit axe de l'ellipse.  
b = demi-longueur du grand axe de l'ellipse  
 $\Theta$  = angle du fil de bois

$\alpha$  = angle de mesure

$\theta$  = angle entre l'axe de symétrie OT et le vecteur  $v_1$

OL = deuxième axe de symétrie, confondu avec le fil du bois F.

On sait que l'équation d'une ellipse, rapportée en son centre, en coordonnées polaires, est donnée par :

$$(I) \quad v^2 \frac{\cos^2 \beta}{a^2} + \frac{\sin^2 \beta}{b^2} = 1$$

où  $v$  représente la norme d'un vecteur dont l'extrémité appartient à ladite ellipse,  $\beta$  étant l'angle entre le petit axe de ladite ellipse et ladite vitesse,  $a$  étant la demi-longueur dudit petit axe,  $b$  étant la demi-longueur du grand axe.

Pour chacun des vecteurs vitesses  $v_1, v_2, v_3$ , l'équation (I) s'écrit plus spécifiquement :

$$I(a) \quad v_1^2 \frac{[\cos^2 \theta + \sin^2 \theta]}{a^2} = 1$$

$$I(b) \quad v_2^2 \frac{[\cos^2(\theta + \alpha) + \sin^2(\theta + \alpha)]}{a^2} = 1$$

$$I(c) \quad v_3^2 \frac{[\cos^2(\theta + 2\alpha) + \sin^2(\theta + 2\alpha)]}{a^2} = 1$$

où  $\theta$  est l'angle entre le petit axe de l'ellipse et la direction  $ER_1$ ,  $\alpha$  étant l'angle entre  $ER_1$  et  $ER_2$ , ainsi qu'entre  $ER_2$  et  $ER_3$ .

Les équations I(a) et I(b) permettent d'établir l'équation (II) :

$$\operatorname{tg}^2 \theta [v_2^2 (x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + 1) - v_1^2 (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)] - \operatorname{tg} \theta [2 \operatorname{tg} \alpha v_2^2 (x^2 - 1)] + v_2^2 (x^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - x^2 v_1^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) = 0$$

où  $x$  est égal à  $b/a$  et est le rapport d'anisotropie du bois (rapport entre vitesse axiale et vitesse tangentielle).

C'est cette équation (II), qui est une équation du second degré en  $\operatorname{tg} \theta$ , que l'on résoud en ajustant la valeur de  $x$  par itération grâce au microprocesseur 3 et à l'aide des étapes de l'ordinogramme représenté sur la figure 5.

Dans une première étape 10 , on initialise deux variables K et U , K étant une variable décimale à laquelle on donne la valeur de 1 par cette initialisation , U étant une variable - drapeau pouvant prendre la valeur 0 ou 1, et que 5 l'on initialise en lui donnant la valeur 0.

Dans une deuxième étape 11, on fournit , si ce n'était déjà fait, au microprocesseur 3 les valeurs de l'angle  $\theta$  , de la longueur L séparant le transducteur-émetteur des transducteurs- récepteurs , ainsi qu'une valeur 10 initiale pour x .

Dans une troisième étape 12, les compteurs  $C_1, C_2$  et  $C_3$ , sont vidés, ainsi que cela a déjà été indiqué, dans le microprocesseur 3 , qui calcule les normes des vecteurs vitesses  $V_1$ ,  $V_2$ , et  $V_3$ .

15 Dans une quatrième étape 13, on calcule le discriminant de l'équation du second degré (II).

Dans l'étape suivante 14 , on vérifie que le discriminant de cette équation du second degré est bien supérieur à 0.

20 Si ce n'est pas le cas, on change, dans une étape 21, x en  $x + K$  et l'on reprend la séquence précédente à l'étape 13 , ce directement si U est différent de 1 , ce que l'on vérifie dans une étape 26, ou après avoir remplacé K par  $K:10$  dans une étape 27, si U est égal à 1.

25 Si c'est le cas , on calcule , dans une étape 15 l'angle  $\theta$  à partir de cette équation ( II).

Dans une étape 16 suivante, on calcule alors la quantité

$$30 \quad 0 = \frac{V_3^2[(x^2 - 1) \cos^2(\theta + 2) + 1]}{V_1^2[(x^2 - 1) \cos^2\theta + 1]}$$

afin de vérifier la validité de l'équation (Ic) dans laquelle on a remplacé b par  $xa$  et  $a^2$  par :

$$35 \quad \frac{V_1^2}{x^2} [x^2 \cos^2\theta + 1 - \cos^2\theta]$$

On effectue ensuite, dans une étape 17, un test de coïncidence pour savoir si cette quantité Q est supérieure à 1,001.

Si c'est le cas, on change, dans une étape 18, la valeur de la variable - drapeau U qui devient égale à 1, puis, dans une étape 19, on remplace la valeur de x initiale par  $x - K$ , avant de reprendre la séquence précédente à l'étape 13.

Si la réponse du test 17 est négative, Q étant inférieur à 1,001, on effectue dans une étape 20, un test de coïncidence pour comparer la valeur de U à 1.

Si U est égal à zéro, on reprend la séquence précédente à l'étape 21.

Si au contraire le test 20 montre que U est égal à 1, on effectue en 22 un test de coïncidence pour comparer la quantité Q précédemment calculée à 0,999.

Si Q est inférieur à 0,999, on transforme, dans une étape 23 x en  $x + k$ , puis on remplace K par  $K : 10$  dans une étape 24 avant de reprendre la séquence précédente à l'étape 19.

Si au contraire, le test de coïncidence 22 fait apparaître que Q est supérieur ou égal à 0,999, le microprocesseur 3 peut alors afficher dans une étape 25 la valeur de l'angle  $\theta$ , ainsi, qu'après transformation la valeur de l'angle du fil du bois<sup>4)</sup>.

On a illustré, à la figure 6, la corrélation obtenue entre des mesures de l'angle du fil du bois réalisées sur des billons d'épicéa, état vert, d'une part, à l'aide du procédé et du dispositif conformes à l'invention et, d'autre part, de la méthode optique classique.

(Observation par l'oeil humain). Vingt deux spécimens ont été étudiés, pour un domaine de variations de l'angle du fil du bois compris sensiblement entre  $-4^\circ$  et  $12^\circ$  et une majorité de valeurs comprises entre  $-1^\circ$  et  $6^\circ$ .

Le coefficient de corrélation obtenu est  $R = 0,949$  et est significatif à 0,1%.

La loi de régression est donnée par:

$$y = 0,646 + 0,810 x$$

5 où  $y$  est l'angle du fil du bois déterminé par le procédé conforme à l'invention,  $x$  étant l'angle du fil du bois déterminé par la méthode optique.

10 On a illustré sur la figure 7, la corrélation obtenue entre des mesures de l'angle du fil du bois réalisées sur des billons de feuillus à l'aide, d'une part, du procédé conforme à l'invention et, d'autre part, de la méthode optique classique. Les espèces étudiées étaient les suivantes: peuplier, tilleul, chêne, hêtre, les points du graphe de la 15 figure 7 qui leur correspondant ayant été référencés, respectivement, par P, T, C, H.

Cinquante spécimens ont été étudiés avec des variations de l'angle du fil du bois mesuré optiquement sensiblement comprises entre -15 et 15°.

Le coefficient de corrélation obtenu est  $R = 0,953$ .

20 La loi de régression est donnée par :

$$y = -0,062 + 1,0088x$$

$y$  et  $x$  étant définis de la même façon que précédemment.

Par ailleurs, on a déterminé la précision de la mesure de la vitesse de propagation des ultrasons dans le bois.

25 La précision sur la mesure du temps de propagation était de  $10^{-7}$  s, celle sur la distance étant de  $10^{-3}$  m. La précision sur la mesure optique de l'angle était de 1°.

Le calcul de l'erreur sur la vitesse a été effectué à partir de la relation:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta l}{l} \left( 1 + v \frac{\Delta t}{t} \right)$$

30

Ainsi, pour une vitesse de propagation des ultrasons de 4000 m/s mesurée sur une distance de 200 m, ce qui correspond à un temps de propagation de  $5 \cdot 10^{-5}$  s, l'erreur est de 28 m/s, soit une précision de mesure de 0,7%, c'est-à-dire inférieure à 1%.

Le dispositif décrit est avantageusement réalisé portatif, pour pouvoir, par exemple, être utilisé facilement en forêt pour la sélection des arbres. Le procédé et le dispositif conformes à l'invention peuvent être aussi utilisés pour le classement des sciages.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination par ultrasons de la direction du fil du bois, dans lequel:

- on émet en un point d'émission sur le bois un signal d'ondes ultrasonores;

5 - on relève les temps de propagation de ce signal entre ledit point d'émission et plusieurs points de réception sur le bois;

ce procédé étant caractérisé en ce que les ondes dudit signal sont des ondes longitudinales ultrasonores et en ce

10 que :

- on calcule à partir desdits temps de propagation, les vitesses de propagation de ce signal selon plusieurs directions de propagation;

15 - on détermine à partir de ces vitesses de propagation la direction du grand axe d'un ellipsoïde par lequel on modélise la surface de répartition des extrémités des vecteurs vitesses de propagation dudit signal, lesdits vecteurs vitesses étant tracés à partir dudit point d'émission, la direction ainsi déterminée étant considérée comme étant celle

20 du fil du bois.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- on détermine la direction du grand axe dudit ellipsoïde à partir d'une équation analytique dudit ellipsoïde de

25 répartition posée pour plusieurs des vecteurs vitesses calculés,

- on ajuste certains paramètres de ladite équation analytique par itération de façon que les extrémités d'autres vecteurs vitesses calculés soient aussi réparties sur ledit

30 ellipsoïde.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on choisit le point d'émission et les points de réception sensiblement dans un même plan, la courbe de répartition des extrémités des vecteurs vitesses de

35 propagation du signal dans ledit plan étant modélisée par une ellipse.

4. Procédé selon les revendications 2 et 3, prises en combinaison, caractérisé en ce qu'on détermine la direction du grand axe de l'ellipse à partir de l'équation en coordonnées polaires :

$$(I) \quad v^2 \left( \frac{\cos^2 \beta}{a^2} + \frac{\sin^2 \beta}{b^2} \right) = 1$$

10 où  $v$  est la norme d'un vecteur vitesse rapporté au centre de l'ellipse dont l'extrémité est supposée appartenir à ladite ellipse,  $\beta$  est l'angle entre ledit vecteur vitesse et le petit axe de ladite ellipse,  $a$  est la demi-longueur du petit axe de l'ellipse,  $b$  est la demi-longueur du grand axe de 15 l'ellipse, cette équation (I) étant posée pour au moins deux vecteurs vitesses de propagation calculés, le rapport d'anisotropie  $x = \frac{a}{b}$  étant ajusté pour que l'extrémité d'au moins un troisième vecteur vitesse de propagation calculé 20 soit aussi répartie sur la même ellipse .

15 5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que les temps de propagation du signal sont relevés en au moins trois points de réception répartis de façon que l'une des trois directions de propagation ainsi 25 choisies soit sensiblement la médiatrice des deux autres.

6. Procédé selon les revendications 4 et 5 prises en combinaison, caractérisé en ce que pour déterminer la direction du grand axe, on résoud l'équation (II):

$$30 \quad \begin{aligned} \operatorname{tg}^2 \theta [v_2^2 (x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + 1) - v_1^2 (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)] - \operatorname{tg} \theta [2 \operatorname{tg} \alpha (v_2^2 (x^2 - 1)) + \\ v_2^2 (x^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - x^2 v_1^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)] = 0 \end{aligned}$$

35  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  étant les normes des vecteurs vitesses de propagation du signal selon les trois directions de propagation choisies, la direction du vecteur de norme  $v_2$  étant médiatrice des directions des vecteurs de norme  $v_1$  et  $v_3$ ,  $\theta$  étant l'angle entre le petit axe de l'ellipse de répartition et le

vecteur  $v_1$ ,  $\alpha$  étant l'angle entre  $v_1$  et  $v_2$  ainsi qu'entre  $v_2$  et  $v_3$ ,  $x$  étant le rapport d'anisotropie et étant ajusté pour que l'extrémité du vecteur  $v_3$  soit aussi répartie sur la même ellipse.

5 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'on choisit la valeur du rapport d'anisotropie  $x$  de façon que pour cette valeur, la valeur de  $\theta$  calculée à partir de l'équation:

$$\text{tg}^2 \theta [v_2^2 (x^2 \text{tg}^2 \alpha + 1) - v_1^2 (\text{tg}^2 \alpha + 1)] - \text{tg} \theta [2 \text{tg} \alpha v_2^2 (x^2 - 1)] + 10 v_2^2 (x^2 + \text{tg}^2 \alpha) - x^2 v_1^2 (1 + \text{tg}^2 \alpha) = 0$$

vérifie sensiblement l'équation (Ic):

$$(Ic) \frac{v_3^2 (\cos^2 (\theta + 2\alpha) + \sin^2 (\theta + 2\alpha))}{a^2 b^2} = 1$$

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on choisit la valeur de  $x$  de façon que, pour cette valeur, la valeur de  $\theta$  calculée à partir de l'équation (II):

$$\text{tg}^2 \theta [v_2^2 (x^2 \text{tg}^2 \alpha + 1) - v_1^2 (\text{tg}^2 \alpha + 1)] - \text{tg} \theta [2 \text{tg} \alpha v_2^2 (x^2 - 1)] + v_2^2 (x^2 + \text{tg}^2 \alpha) - x^2 v_1^2 (1 + \text{tg}^2 \alpha) = 0$$

vérifie sensiblement la double inéquation:

$$20 \quad 0,999 \frac{v_3^2 (\cos^2 \theta + 2\alpha + \sin^2 \theta + 2\alpha)}{a^2 b^2} < 1,001$$

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'on choisit les points de réception pour qu'ils se trouvent sensiblement à égale distance du point d'émission.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la distance entre le point émission et un point de réception est sensiblement égale ou supérieure à 20 cm.

30 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que les points de réception sont situés à une distance comprise entre 20 et 30 cm du point d'émission.

12. Procédé selon la revendication 5, prise en combinaison avec l'une quelconque des revendications précédentes, 35 caractérisé en ce que l'angle ( $\alpha$ ) entre celle des trois di-

rections de propagation choisies, qui est médiatrice des deux autres, et lesdites deux autres directions de propagation est compris entre 5 et 40°.

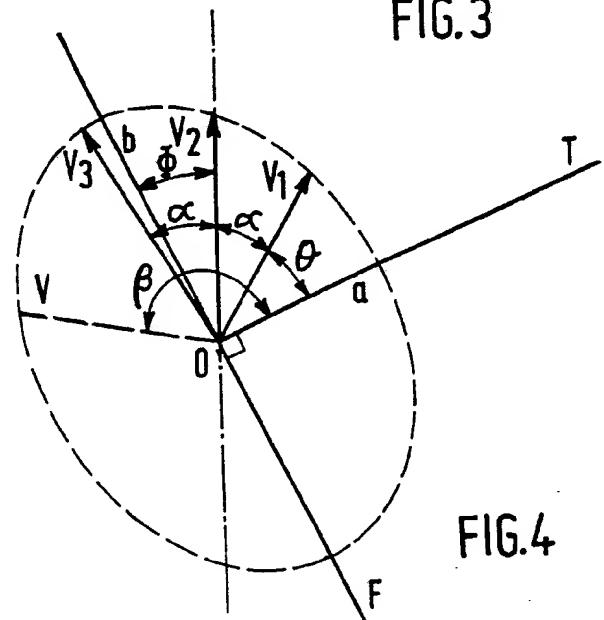
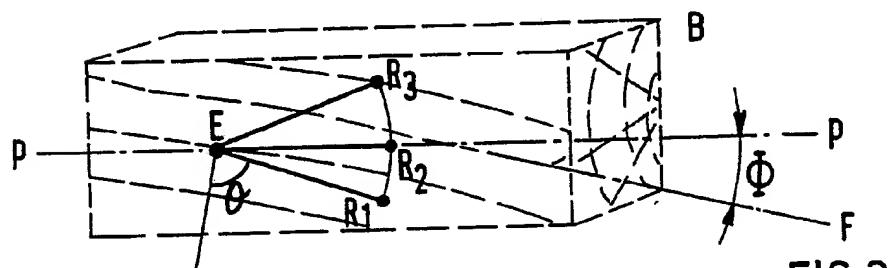
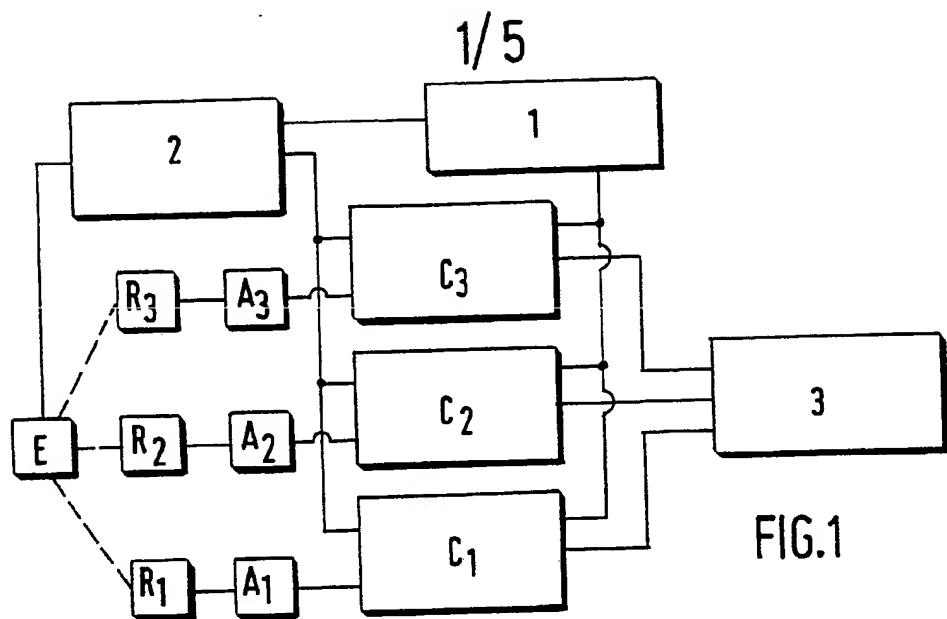
13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en 5 ce que l'édit angle  $\alpha$  est compris entre 10 et 30°.

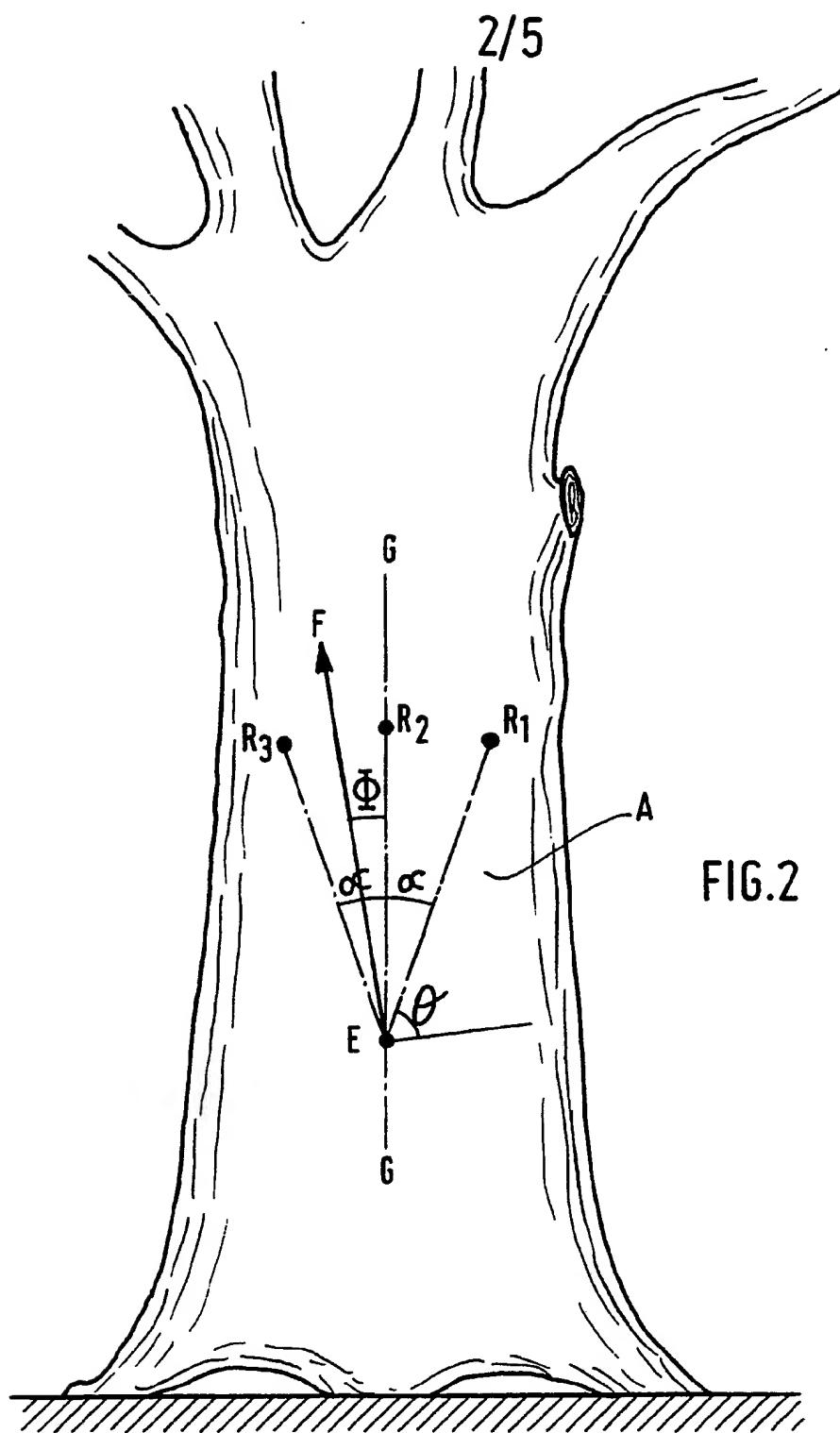
14. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte un élément (E) émetteur d'ultrasons et plusieurs éléments ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) récepteurs, l'élément (E) émetteur 10 étant commandé par un générateur d'impulsions (2), chaque élément ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) récepteur étant relié à une entrée d'un compteur ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ), dont une autre entrée est reliée au-dit générateur d'impulsions (2), chaque compteur ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ) étant relié en sortie à une unité de calcul (3).

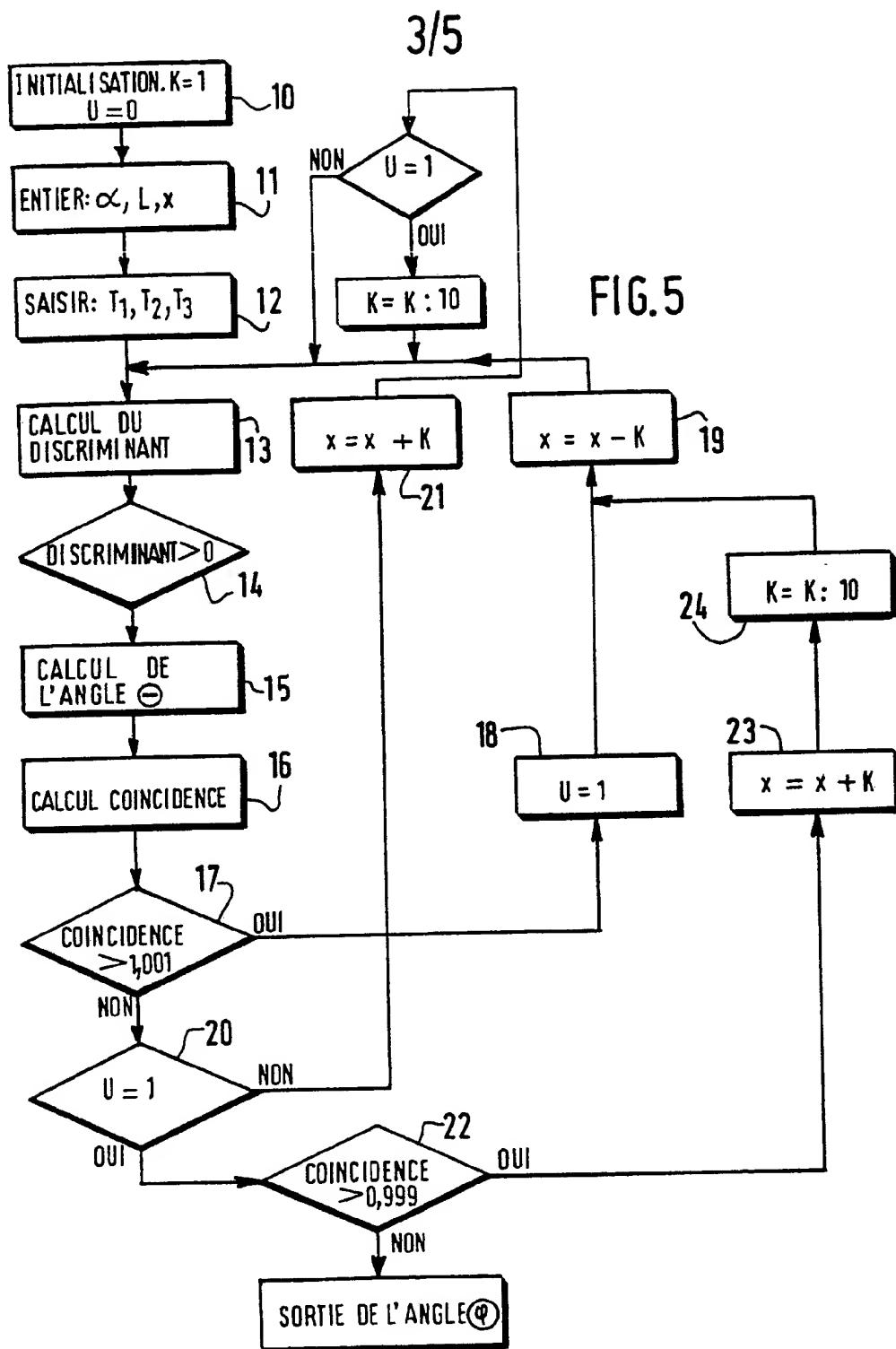
15 15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte trois éléments ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) récepteurs et trois compteurs ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ), chaque élément récepteur ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) étant associé à l'un desdits compteurs ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ).

20 16. Dispositif selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que l'unité de calcul (3) est un microprocesseur.

17. Dispositif selon l'une des revendications 14 à 16, caractérisé en ce qu'il est portatif.







4/5

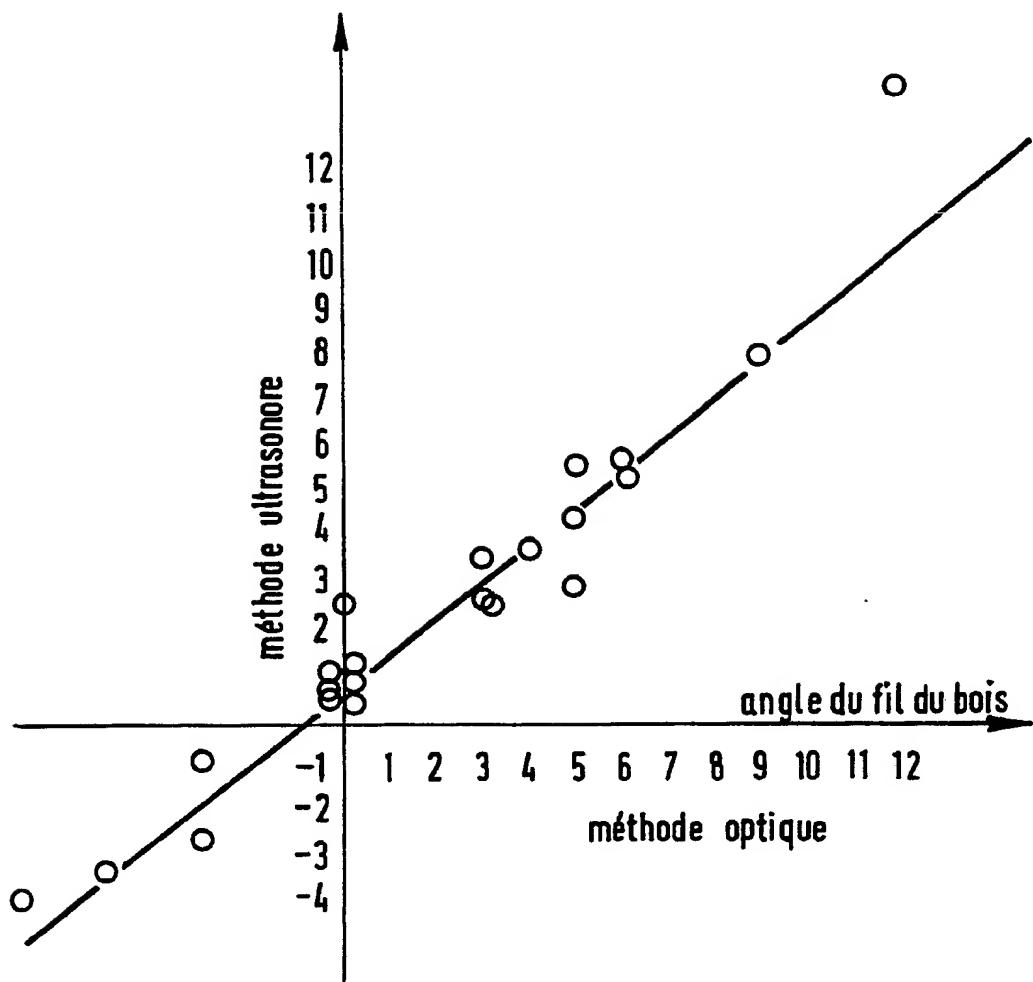
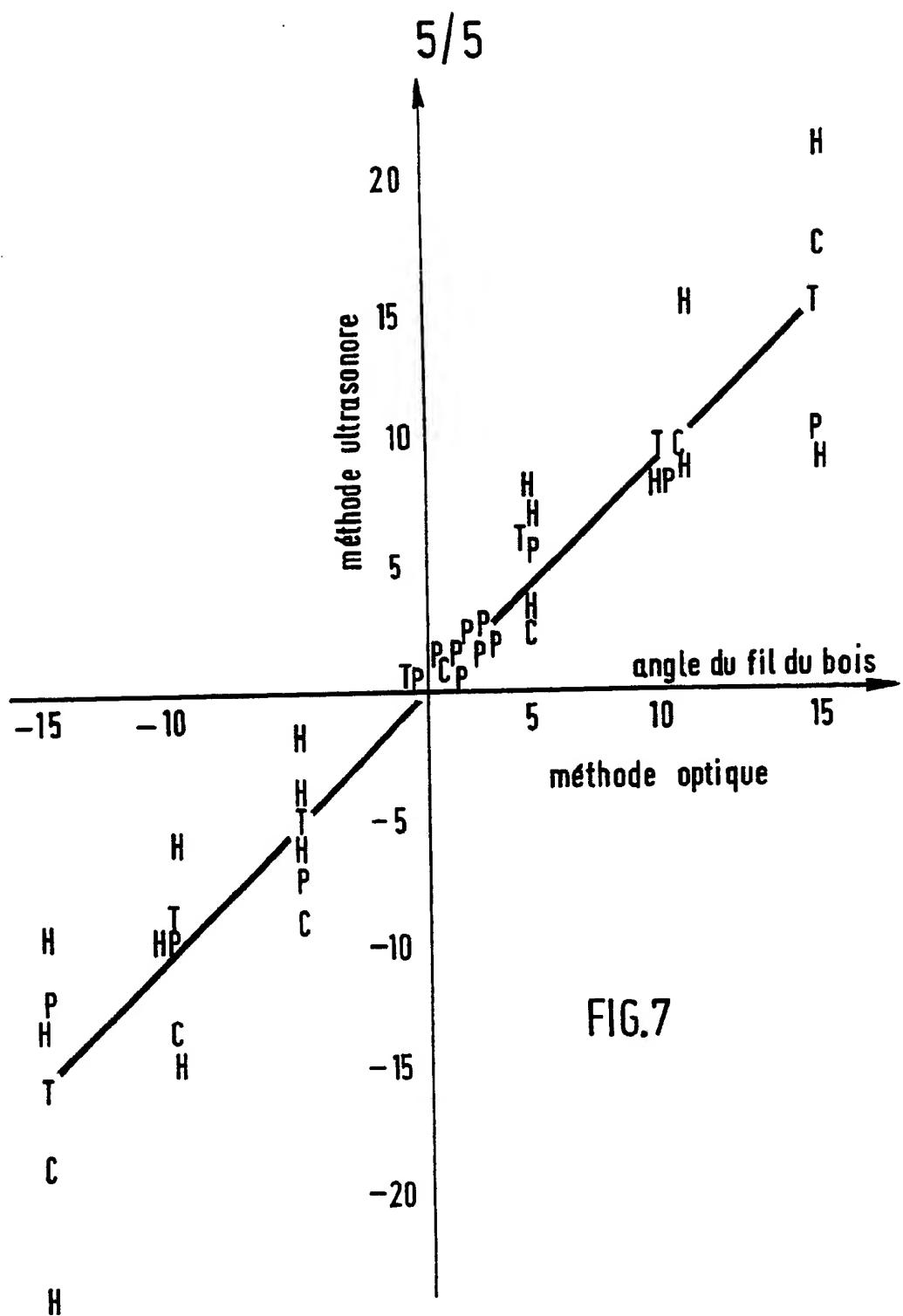


FIG. 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 91/00393

## I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) \*

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

IPC<sup>5</sup> G01N 33/46 ; G01N 29/00

## II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ?

Classification System	Classification Symbols
IPC <sup>5</sup>	G01N
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *	

## III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT\*

Category *	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	FOREST SCIENCE vol. 15, No. 1, 1969, WASHINGTON, DC, USA pages 92 - 94; FOULGER A.N. ; "Through-bark measurement of grain direction; preliminary results." see the whole document (cited in the application) ---	1
A	WO, A, 8902598 (METRIGUARD INC.) 23 March 1989 see page 2, line 27 - page 3, line 18 see page 4, line 32 - page 6, line 21; figure 1 see page 7, line 34 - page 11, line 26; figures 2-6 ---	1, 14, 16
A	COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES, SERIE C, SCIENCES CHIMIQUES vol. 296, No. 23, June 1983, PARIS pages 1761 - 1764; B. HOSTEN ET AL. : "Mesures des constantes élastiques du bois à l'aide d'un interféromètre ultrasonore numérique et leur optimisation" see the whole document	1, 14

\* Special categories of cited documents: <sup>10</sup> -----

"A" document defining the general state of the art which is not  
considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international  
filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or  
which is cited to establish the publication date of another  
citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or  
other means

"P" document published prior to the international filing date but  
later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date  
or priority date and not in conflict with the application but  
cited to understand the principle or theory underlying the  
invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention  
cannot be considered novel or cannot be considered to  
involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention  
cannot be considered to involve an inventive step when the  
document is combined with one or more other such docu-  
ments, such combination being obvious to a person skilled  
in the art.

"&" document member of the same patent family

## IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

27 August 1991 (27.08.91)

Date of Mailing of this International Search Report

13 September 1991 (13.09.91)

International Searching Authority

European Patent Office

Signature of Authorized Officer

## III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	US, A, 3805156 (JOHN A.P. NORTON ET AL.) 16 April 1974 see abstract; figures 1, 4, 8, 9 -----	1, 14-17
A	ULTRASONIC METHODS IN EVALUATION OF INHOMOGENEOUS MATERIALS 1986, ALIPPI A. PUBLISHER, W.G. EDITIONS pages 323 - 342; BUCUR V.: "WOOD CHARACTERISATION THROUGH ULTRASONIC WAVES" see page 327, line 26 - page 337, line 27; figure 1 (cited in the application) -----	1, 14

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

FR 9100393  
SA 48079

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 27/08/91

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO-A-8902598	23-03-89	US-A-	4926350	15-05-90
		AU-A-	2527288	17-04-89
US-A-3805156	16-04-74	CA-A-	943187	05-03-74

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) <sup>7</sup>

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

CIB 5 G01N33/46 ; G01N29/00

## II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée<sup>8</sup>

Système de classification	Symboles de classification
CIB 5	G01N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté

III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS<sup>10</sup>

Catégorie <sup>9</sup>	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, <sup>11</sup> des passages pertinents <sup>13</sup>	No. des revendications visées <sup>14</sup>
A	FOREST SCIENCE vol. 15, no. 1, 1969, WASHINGTON, DC, USA pages 92 - 94; FOULGER A.N.: "Through-bark measurement of grain direction; preliminary results." voir le document en entier (cité dans la demande) ---	1
A	WO,A,8902598 (METRIGUARD INC.) 23 mars 1989 voir page 2, ligne 27 - page 3, ligne 18 voir page 4, ligne 32 - page 6, ligne 21; figure 1 voir page 7, ligne 34 - page 11, ligne 26; figures 2-6 --- ---	1, 14, 16

<sup>9</sup> Catégories spéciales de documents cités:<sup>11</sup>

- <sup>A</sup> document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- <sup>E</sup> document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- <sup>L</sup> document pouvant lancer un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication, d'une autre citation ou pour une raison spéciale (elle qu'indiquée)
- <sup>O</sup> document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- <sup>P</sup> document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

<sup>10</sup> T\* document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention<sup>11</sup> X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive<sup>12</sup> Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.<sup>13</sup> & document qui fait partie de la même famille de brevets

## IV. CERTIFICATION

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 AOUT 1991

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

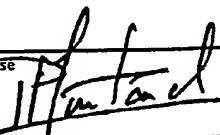
13. 09. 91

Administration chargée de la recherche internationale

OFFICE EUROPÉEN DES BREVETS

Signature du fonctionnaire autorisé

MOUTARD P.



III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS <sup>14</sup>		(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR LA DEUXIEME FEUILLE)
Catégorie <sup>15</sup>		No. des revendications visées <sup>18</sup>
A	COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES, SERIE C, SCIENCES CHIMIQUES vol. 296, no. 23, juin 1983, PARIS pages 1761 - 1764; B. HOSTEN ET AL.: "Mesures des constantes élastiques du bois à l'aide d'un interféromètre ultrasonore numérique et leur optimisation" voir le document en entier ---	1, 14
A	US, A, 3805156 (JOHN A.P. NORTON ET AL.) 16 avril 1974 voir abrégé; figures 1, 4, 8, 9 ---	1, 14-17
A	ULTRASONIC METHODS IN EVALUATION OF INHOMOGENEOUS MATERIALS 1986, ALIPPI A. PUBLISHER, W.G. EDITIONS pages 323 - 342; BUCUR V.: "WOOD CHARACTERISATION THROUGH ULTRASONIC WAVES" voir page 327, ligne 26 - page 337, ligne 27; figure 1 (cité dans la demande) ---	1, 14

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.

FR 9100393

SA 48079

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27/08/91

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO-A-8902598	23-03-89	US-A-	4926350	15-05-90
		AU-A-	2527288	17-04-89
US-A-3805156	16-04-74	CA-A-	943187	05-03-74